

**Dr. Bernhard Weßling**

**Notizen und Gedanken zu Prof. Levermanns Buch „Die Faltung der Welt“**

Jersbek, 24. 10. 2023

Sehr geehrter Herr Prof. Levermann,  
bezugnehmend auf unsere email-Korrespondenz in der letzten Woche sende ich Ihnen hier einige weitere Gedanken und Kommentare zu Ihrem Buch, nun jeweils mit Hinweis auf die Seite oder das Zitat, worüber ich gern mit Ihnen diskutieren würde.

Diese Kommentare und Gedanken zu Ihrem Buch schreibe ich nicht auf, weil ich ein geschlossenes Konzept hätte, wie die allgegenwärtigen Krisen gemeistert werden könnten. Sondern deshalb, weil Ihr Buch einige sehr wertvolle Ansätze aufzeigt, die unbedingt diskutiert werden sollten, zugleich aber einige Mängel enthält, die – wenn sie beseitigt werden können – das Konzept deutlich verbessern und weniger angreifbar machen würden.

- Dabei möchte ich von vornherein auf die Passagen meiner Kommentare aufmerksam machen, in denen ich die Parallelität bzw. Miteinander-Vereinbarkeit von Nicht-Gleichgewichts-(NGG-)Thermodynamik inkl. dem darin enthaltenen Konzept der dissipativen Strukturen und des Entropie-Exports mit der von Ihnen als Grundlage verwendeten Chaostheorie aufzeige.

Im folgenden nun Kommentare und Gedanken zu einzelnen Aspekten des Buches, jeweils mit Seitenzahl aus der ebook-Version<sup>1</sup>.

S. 24 „In der neoklassischen Makroökonomie gilt zwar, dass das Wachstum einer Volkswirtschaft saturiert, wenn die Zahl der Arbeitskräfte und der technische Fortschritt stagnieren. Diese These beruht aber auf der Annahme, dass die Wachstumsrate mit dem Kapital abnimmt und sich damit ein Gleichgewicht einstellt.“

siehe mein Buch „Was für ein Zufall!“ - Wirtschaft ist definitiv kein Gleichgewichts-(GG-) System; selbst wenn die Wachstumsraten stagnieren, ist der dann erreichte Zustand kein GG, sondern eine „dissipative Struktur“ (Begriff, der von Ilya Prigogine, Nobelpreisträger 1977, gebildet wurde), die ständigen Veränderungen unterworfen ist.

S. 28/29 [zu veganer Ernährung und Diskussion an den extremen Rändern](#)

Man vergißt und verdrängt, daß bei veganer Ernährung alles mit Chemie gedüngt werden müßte – ist vegane Ernährung also nachhaltig? Kann sie nachhaltig sein?

S. 30ff [Clusterbildung](#)

Mathematik ist hierfür ein *Werkzeug*, das Phänomen zu *beschreiben*. Die *Ursachen*, warum sich Cluster bilden, beschreibt die Nicht-Gleichgewichts-Thermodynamik. (z. B. wiederum Prigogine mit seiner Theorie der Entstehung des Universums, die ohne Singularität [ohne „Urknall“] auskommt.)

---

<sup>1</sup> Ich habe erst später festgestellt, daß die Seitenzahl der ebook-Version nicht konstant ist, sondern sich je nach Einstellung des Displays ändern kann. Manche Seitenangabe mag dadurch nicht ganz exakt sein.

Die „Anziehungskraft einer Stadt auf die Umgebung“ besteht nicht aus einem Lyupanov-Exponenten, der ist wiederum nur eine Beschreibung des Phänomens ist, die Kraft selbst entsteht in der Dynamik des Nicht-Gleichgewichts-Systems „Gesellschaft“ und „Wirtschaft“, getrieben durch überkritischen Energieinput von außen ins System und daraus resultierender Zwang zum Entropieexport.

S. 33f [Filterblasen](#)

Das gleiche Phänomen (Clusterung und dadurch Filterblasen) sehen wir auch in der Wissenschaft, in der Bildung und Verstärkung von Paradigmen (T. Kuhn, „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“, siehe auch mein Buch „Was für ein Zufall“, Kapitel 5). Das betrifft auch die Klimaforschung

- (was ich hier nicht weiter diskutieren möchte, nur vielleicht eine Frage stellen: „Sind Sie sicher, daß Sie für andere Argumente, Sichtweisen und Meinungen, als Sie sie in Ihrem Buch vertreten, offen sind? Können wir sie diskutieren?“)

S. 34 [Club of Rome 1972](#)

Wenn Sie mein Vorwort aus meinem Buch „Der Ruf der Kraniche“<sup>2</sup> lesen (Goldmann 2020, Taschenbuch 2023), werden Sie feststellen, wie lange ich mich schon mit dieser Thematik beschäftige, und Sie können aus meiner Webseite insgesamt entnehmen, daß ich mich damit nicht nur lesend und schreibend und diskutierend, sondern sehr aktiv als Chemiker in nachhaltiger Technologie forschend und Resultate vermarktend, im Artenschutz und als größter Investor und Mitgeschäftsführer eines inzwischen großen Biohofes befasse, bis heute und solange ich leben kann.

S. 35 [Screenshot aus Ihrem Buch:](#)

Aufgrund unseres Verständnisses der Klimadynamik der Erde und der Planetenkonstellation in unserem Sonnensystem (dazu unten mehr) wissen wir, dass das Holozän noch mehrere Jahrtausende andauert. *Andauern würde.* Denn seit der Industrialisierung sind die Umweltbedingungen nicht mehr konstant. In den vergangenen

Das halte ich für fraglich, wenn man zurückschaut ins römische und dann ins mittelalterliche Klimaoptimum und die Zeit, in der „Grönland“ seinen Namen bekam, nicht, weil dort wie heute noch kein Gras wuchs und keine Landwirtschaft möglich war, oder auch nur kurz zurückschaut in die kleine Eiszeit (in der die Gletscher auf Island z. B. 20 km weiter vorrückten, Bauernhöfe unter sich begruben und seit etwa 1910 ... 1920 sich wieder zurückziehen, aber von den 20 km von vor 500 Jahren erst ein paar Kilometer;

- ich will die obige Aussage aber nicht weiter diskutieren, nehmen wir sie mal so hin;

- ein Einwurf sei aber doch gestattet: „In climate research and modelling, we should recognise that we are dealing with a coupled non-linear chaotic system, and therefore that the long-term prediction of future climate states is not possible.“<sup>3,4</sup> (siehe auch Ihre

---

2 <https://www.bernhard-wessling.com/leseprobe>

3 <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/505.htm>

4 In einem weiteren Bericht schrieb das IPCC: „Internal variations caused by the chaotic dynamics of the climate system may be predictable to some extent. Recent experience has shown that the ENSO phenomenon may possess a fair degree of predictability for several months or even a year ahead. The same may be true for other events dominated by the long oceanic time-scales, such as perhaps the NAO. On the other hand, it is not known, for example, whether the rapid climate changes observed during the last glacial period are at all predictable or are unpredictable consequences of small changes resulting in major climatic shifts.“  
<https://archive.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/045.htm>.

- S. 74 vollkommen richtige Beschreibung des „deterministischen Chaos“ auf S. 74, genau das gleiche geschieht mit Wetter und Klima.
- S. 35 [9 physikalische / chemische / biologische Prozesse, die für sich verändernde Umweltbedingungen im Anthropozän relevant sind](#)

Ich bin zufrieden damit, daß auch Artenverlust, Stickstoff- / Phosphorhaushalt und Frischwasserverbrauch erwähnt wurden (zu letzterem gehörte noch das Wassermanagement mit Zerstörung der meisten Feuchtgebiete / Moore), zu „Flächennutzung“ gehört auch (falls es in dem zitierten Artikel nicht erwähnt wurde) der dramatische Verlust an echter Wildnis.

Dann wäre es aber auch konsequent, vegane Ernährung hinsichtlich der Nachhaltigkeit in Frage zu stellen, denn sie erfordert künstliche Düngung, also wieder mehr Eingriffe in den Stickstoff- und Phosphorhaushalt, weil Düngung aus Tierexkrementen wie in einer biologischen Kreislaufwirtschaft nicht möglich ist, genausowenig wie der Anbau von Stickstofffixierenden Pflanzen, die z. T. in die Tierfütterung gehen.

- S. 40 [„... nicht, weil mehr oder weniger Sonnenenergie auf der Erde ankommt“ sowie „... die nächste Eiszeit erst in 50.000 Jahren anläge ...“](#)

Die Sonne strahlt seit dem Beginn des Lebens 30% stärker, strahlt also 30% mehr Energie auf die Erde als zuvor.<sup>5</sup> Ohnehin schwankt die Strahlungsintensität deutlich. Zudem haben CERES-Daten gezeigt, daß die auf der Erde ankommende Strahlungsstärke extrem schwankt und zusammen mit Schwankungen der Wolkenbedeckung einen großen Klimaeinfluß hat.<sup>6</sup>

- S. 44 [„... war der Eisschild in einem sehr stabilen Gleichgewicht ...“](#)

Ich weiß, daß nahezu jeder gern von „Gleichgewicht“ spricht und schreibt und so etwas als Ideal anstrebt bzw. wieder erleben möchte. Wenn, dann handelt es sich beim grönländischen Eisschild um ein „Fließgleichgewicht“, von dem Ludwig von Bertalanffy, der Schöpfer dieses (nach meiner Ansicht unglücklichen und irreführenden) Begriffs selbst schrieb, es sei selbstverständlich thermodynamisch ein Nicht-Gleichgewichtsprozeß.<sup>7</sup> Das, was uns am Eisschild als „stabiles Gleichgewicht“ erscheint, ist in Wahrheit nur eine während unserer Beobachtungszeit relativ stabile dissipative Struktur, die sich ohnehin ständig ändert.

---

5 <https://www.sciencealert.com/are-we-just-lucky-that-earth-has-stayed-habitable-for-billions-of-years>

6 H.-R. Dübal, F. Vahrenholt, „Radiative Energy Flux Variation from 2001 – 2020“ <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/10/1297/htm>

7 In meinem Buch „Was für ein Zufall!“ (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-37755-7>) setze ich mich auf den Seiten 97 bis 100 mit dem Begriff auseinander und schreibe u. a.:

„In einer anderen Veröffentlichung wird Bertalanffy noch deutlicher. Er schreibt: „*Biologically, life is not maintenance or restoration of equilibrium but is essentially maintenance of disequilibria, as the doctrine of the organism as open system reveals. Reaching equilibrium means death and consequent decay.*“<sup>5</sup> In anderen Worten: Der Begriff *Fließgleichgewicht* bedeutet eben gerade nicht eine andere Form von *Gleichgewicht*, sondern in Wahrheit ein *Nicht-Gleichgewichtssystem*, also schlichtweg das Gegenteil.“ (Quelle: Ludwig von Bertalanffy, *General Systems Theory*, Verlag George Braziller, N. Y. 1968, S. 191)

- S. 45 „... Kohlendioxid in ... relevanter Größenordnung aus der Atmosphäre [zu] holen ... oder wenn wir selber die Treibhausgase wieder entfernen ...“

Ich hatte auf den ersten Blick gedacht, daß Sie dieses Thema nicht im Buch ansprechen, nun finde ich es doch. So wie Sie es schreiben, nährt es die Illusion, daß wir es doch könnten, auch wenn (wie Sie schreiben) es „Unmengen an zusätzlicher Energie kosten“ wird. Aber die wird ja nach Ansicht der CCS- und CCU-Befürworter regenerativ „erzeugt“.

Leider übersehen Sie und die Befürworter von CCS und CCU die physikalisch unumstößliche Tatsache, daß es nicht nur Unmengen an (gar nicht in dem Umfang verfügbarer regenerativer) Energie kosten würde, sondern vor allem doppelt so viel Unmengen an Entropie erzeugen würde, die die Erde nicht abstrahlen könnte, die also in Form von Umweltzerstörung auf der Erde und in den Meeren verbliebe.<sup>8</sup>

- S. 51 „... eine Hitze, die seit den Dinosauriern nicht mehr auf dem Planeten geherrscht hat.“

Ist diese Aussage korrekt? Hier<sup>9</sup> auf der dortigen Grafik<sup>10</sup> sehe ich ähnlich hohe oder höhere Temperaturen in der Zeit zwischen vor 5- bis 10tausend Jahren, merklich höhere zwischen vor 20- bis 500tausend Jahren, das war ja jeweils deutlich bevor die Dinosaurier ausstarben.

- S. 53 „... ob sich solche Stürme in der Zukunft häufen ...“

Auch wenn Sie die Frage dort nicht direkt mit „Ja“ beantworten, liest sich der Text so, als würde die Zahl der Wirbelstürme in Zukunft steigen. Aber wäre eine solche Vorhersage korrekt? Ich habe das nicht systematisch recherchiert, hatte aber immer mal gelesen, daß die Zahl der Wirbelstürme zwischen 1900 und heute im Gegenteil sogar abgenommen habe. Diesen Link<sup>11</sup> fand ich bei einer schnellen Recherche jetzt, der das bestätigt, allerdings auch, daß Wirbelstürme in Zukunft größere Schäden verursachen würden. Ob das an den Wirbelstürmen oder an der Tatsache liegt, daß die Städte und die Versicherungswerte für Immobilien und Infrastrukturobjekte wachsen, kann ich nicht beurteilen, möchte aber diese Frage stellen.

- S. 63 „Ressourcen, die nachwachsen“

Ist „Wildnis“ eine Ressource, die nachwachsen kann? (sicher ja, wenn man einen nicht mehr wilden Natursektor einige 100 Jahre in Ruhe läßt, aber während unserer Beobachtungszeit inkl der Enkelgeneration kann Wildnis nicht nachwachsen).

- S. 64 „Anstatt ...zu streiten ... über die Forderung, wir müßten irgendwie zurück zur Natur, müssen wir innovativ nach vorne denken, im Sinne einer dritten industriellen Revolution ...“

Wie soll einer der 9 Prozesse (S. 35), die die akute Krise der Welt ausmachen, nämlich der drastische Verlust an Biodiversität, gestoppt werden, wenn man nicht wenigstens „irgendwie zurück zur Natur“ kommt, also natürliche Prozesse, die die Artenvielfalt ermöglichen,

---

8 [https://www.bernhard-wessling.com/co2\\_und\\_entropie](https://www.bernhard-wessling.com/co2_und_entropie)

9 <https://muchadoaboutclimate.wordpress.com/2013/08/03/4-5-billion-years-of-the-earths-temperature/>

10 [https://muchadoaboutclimate.files.wordpress.com/2013/08/blog4\\_temp.png](https://muchadoaboutclimate.files.wordpress.com/2013/08/blog4_temp.png)

11 <https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/umwelt/anzahl-der-wirbelstuerme-nimmt-ab-13376931>

sich entfalten und wirken läßt, das ist dann eben „irgendwie zurück zur Natur“. Wie sonst, wenn nicht?

Somit hört sich Ihre Forderung, „anstatt ... zurück zur Natur“ müsse eine dritte industrielle Revolution beginnen, so an, als könne den 9 Krisen verursachenden Prozessen von S. 35 nur eine technologische und industrielle Revolution abhelfen – und das sogar inkl der Biodiversität? Das ist weder zuende gedacht noch erfolgversprechend, nicht einmal für die Klimaveränderung.

S. 72 [andere Wege als „Degrowth“, die Selbstverstärkung zu begrenzen](#)

Mit dieser grundsätzlichen Aussage zu Beginn von Kap. 4.2 bin ich voll einverstanden. (ob man in dem Zusammenhang wirklich die damalige chinesische Ein-Kind-Politik kritisieren muß oder könnte, wage ich zu bezweifeln, aber sei's drum)

Auch das Mikromanagement von Systemen, in denen deterministisches Chaos herrscht (und das ist auf der Erde in Ökosystemen und bei uns Menschen in Wirtschaft und Gesellschaft der Fall) halte ich wie Sie für unpraktikabel und erfolglos, ja sogar wegen unbeabsichtigter und vorhersehbarer Folgen für gefährlich.

- Mich wundert nur, daß Sie das Phänomen der „Selbstorganisation“, das für Nicht-Gleichgewichts-Systeme ja so charakteristisch ist, nicht erwähnen und hier nicht in Ihre Argumentation einbringen, wo es nämlich gut hingepaßt hätte.

S. 78 Kap. 5 Das Konzept der Faltung;  
[„Faltung ... entsteht immer dann, wenn ein System in einem begrenzten Raum nach freier Bewegung strebt.“](#)

Mit diesem Satz wird klar (wenn man darüber nachdenkt, woher die Bewegung kommt), daß das System im begrenzten Raum ein Nicht-Gleichgewichts-System ist, das die Energie für die Bewegung von außen erhält ==> Nicht-Gleichgewichts-Thermodynamik. Insofern dürfte klar sein, daß das physikalisch-chemische Prinzip hinter dem, was die Theorie dynamischer Systeme beschreibt, Nicht-Gleichgewichts-Vorgänge sind.

In der Prigogine'schen NGG-Thermodynamik entspricht die Faltung den unendlich vielfältigen Optionen, wie sich dissipative Strukturen in NGG-Systemen entwickeln können.

- Insofern ist Ihr Konzept oder Narrativ der Faltung prinzipiell mit der NGG-Thermodynamik kompatibel.
- Und auch mit der Einführung des Konzepts der Grenzen für den Raum, in dem Faltung stattfindet, bin ich voll einverstanden, es ergibt sich schon aus der NGG-Thermodynamik.

Lediglich, wie Sie „zurück zur Natur“(\*) mit „degrowth“ gleichsetzen und ausschließen, erzeugt bei mir zumindest Fragen, wenn nicht Widerspruch. Denn „Natur“ entwickelt sich seit jeher wie Ihre Faltung in den Grenzen, die die Erde (und die Sonneneinstrahlung) ihr setzt. Zumindest zu einem großen Teil auf natürliche Prozesse zu setzen (mindestens für Ernährung und den Erhalt der Biodiversität und somit von Wildnis und Feuchtgebieten), ist für die Lösung der Krisen oder wenigstens den Umgang mit ihnen entscheidend wichtig. (\*) wobei Sie übrigens nirgendwo erklärt haben, wie Sie „zurück zur Natur“ verstehen.

S. 86 [Kap. 5.4: Entwicklung bzw. Faltung in der Musikgeschichte](#)

Hier sehen wir wieder eine klare Parallelität mit dem Verhalten von NGG-Systemen bzw. Prozessen, z. B. der Evolution. Auch hier kann man nicht sagen, der moderne Mensch sei „besser“ als der „primitive“ Neandertaler, oder Schimpansen „besser“ als Dinosaurier.

Schon wenn man sich das Astbild z.B. von Eichen anschaut, zeigt sich: die Begrenztheit der Eiche (ihr Genpool, Boden, Wasser, Nährstoffe, Wetter) erlaubt dennoch eine unendliche Vielfalt – denn keine 2 Eichen (nicht einmal genidentische Zwillinge) zeigen das gleiche, identische Astbild, und kein Eichenblatt sieht genauso aus wie ein anderes.

- Das gleiche übrigens bei Schneeflocken: die Begrenztheit ihres Werdens (Raum und Zeit, Wasser und Temperatur) erlaubt dennoch eine unendliche Vielfalt an Strukturen – keine Schneeflocke sieht identisch aus wie eine zweite.

S. 100 [\(Auf S. 100 sprechen Sie mit dem Regenwald ähnliches an.\)](#)

S. 89f Nicht zuletzt liegt eine Parallelität in der von Ihnen zwar nicht so bezeichneten, aber dennoch unausgesprochen erwähnten „Selbstorganisation“, einem Prinzip des Verhaltens von NGG-Systemen, die dann dissipative Strukturen ausbilden. Sie beschreiben in Abschn. 5.6 ähnliches, wenn Sie den Ablauf von Forschung skizzieren oder die Innovationskraft von Gesellschaften unter harten Bedingungen: so „wird der Bewegungs- und Innovationsdrang der Gesellschaft zu einer kraftvollen Suchmaschine“ – das ist klassisch „Selbstorganisation“.

S. 91f Sie nennen es „[ergodisch](#)“ – was es m.E. nicht trifft (da kommt Ihre Beschäftigung mit Boltzmann und statistischer Physik zum Ausdruck). Selbstorganisation ist nicht ergodisch, sondern getrieben von dem Drang, im hochenergetischen NGG-Zustand einen relativ stabilen Ort zu finden, der ist durch einen geringfügigen, aber ausreichend wirksamen Energiegewinn gekennzeichnet.  
(Da unterscheiden sich unsere Konzepte offenbar – GG- vs. NGG-Thermodynamik).

S. 95 [„Biodiversität ist ein Grundpfeiler der natürlichen Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme gegenüber Veränderungen“](#)

Sehr richtig – aber welche der von Ihnen vorgeschlagenen Grenzen würde Faltung verursachen, die die bisher fortschreitende Zerstörung von Wildnis und Feuchtgebieten, den weiteren Rückgang der Biodiversität, den fortschreitenden Verlust von Trinkwasser, Rückgang der Grundwasservorräte, den weiteren Raubbau an Flächennutzung mit der weiteren Versiegelung der Landschaft und der damit steigenden Risiken für Flutkatastrophen wie an der Ahr und der Erft (siehe S. 97 bei Ihnen) stoppen kann?

S. 102 [„... wenn wir Grenzen – wie die Endlichkeit unserer Ressourcen u Gemeinschaftsgüter – als die unumstößliche Wahrheit akzeptieren, die sie sind.“](#)

Richtig, und es gibt m. E. eine weitere Grenze, die eine unumstößliche Wahrheit ist: die Entropieproduktion. Wir dürften nicht mehr Entropie produzieren, als die Erde abstrahlen kann. Alles, was wir mehr produzieren, verbleibt als Umweltschädigung in irgend einer Form auf der Erdoberfläche oder in den Meeren, als nutzlose Abfallhalde, Verschmutzung



durch Mikroplastik (entstanden z.B. aus Abrieb), als unfruchtbare (weil versiegelte oder totgespritzte) Erde, als Luft- und Wasserverschmutzung, als Verlust an Biodiversität u.v.m.

S. 102ff [Kap. 6 ff: Fünf Grenzen, in denen sich Faltung entwickeln soll](#)

Aus meiner Sicht fehlt die Grenze „Wildnisvernichtung stoppen“, und auch die Grenze „Stickstoff / Phosphor aus synthetischen Quellen auf Null setzen“. Auf S. 88 schreiben Sie, daß Ihre 5 Grenzen aus Ihrer Sicht ausreichen, aber Sie lassen es (mit Fußnote 34) offen, daß mglw weitere Grenzen notwendig seien – diese sind aus meiner Sicht notwendig.

Ich sehe auch keinen Hinweis auf Biolandwirtschaft, die für die Grenze „Stickstoff / Phosphor aus synthetischen Quellen auf Null setzen“ eine Faltungsmöglichkeit ist.

S. 103 [„... nur wenige Mechanismen, die es \[das Kohlendioxid\] wieder \[aus der Atmosphäre\] herausholen. ... Es gibt ein paar interessante permanente Senken für zusätzlichen Kohlenstoff.“](#)

Die Erwähnung von Humusbildung freut mich, umso mehr wundert mich, daß Sie nichts über Biolandwirtschaft schreiben. Denn unsere industrielle Landwirtschaft bildet nicht nur keinen Humus, sondern zerstört ihn kontinuierlich und verursacht enorme Bodenerosion.

Leider aber haben Sie 2 wesentliche CO<sub>2</sub>-Senken übersehen: Moore / Feuchtgebiete (die bei viel geringerer Fläche doppelt so viel CO<sub>2</sub> speichern könnten wie Wälder, und sogar derzeit – trotz der fortschreitenden Entwässerung von Mooren – 400 bis 500 Gigatonnen speichern<sup>12</sup>), Pilze (Pilznetzwerke im Boden, die jährlich bis zu 13 G Tonnen C speichern, was wesentlich mehr werden könnte, wenn durch Renaturierung und v.a. auch Biolandwirtschaft mehr Pilznetzwerke ermöglicht würden)<sup>13</sup>.

Zu dem Aspekt „Veganer“ habe ich oben bereits einen kritischen Kommentar abgegeben. Die in der industriellen Landwirtschaft und eben auch für vegane Lebensmittel erforderlichen chemischen Düngemittel und Pestizide / Insektizide (und die für industrielle Tierhaltung erforderlichen Hochleistungsfuttermittel) verursachen wesentlich mehr Emissionen als eine biologisch fundierte Tierhaltung, die durch Humusbildung, Düngerersatz und Biodiversität (Insektenleben! Pilznetzwerke!) erreichbaren Vorteile.

S. 104 [„... viele gute und wichtige Gründe, weniger oder gar kein Fleisch zu essen ...“](#)

Biolandwirtschaft ist immer auch verbunden mit der Aufforderung (bzw. dem Angebot), weniger Fleisch zu essen.<sup>14</sup>

12 <https://www.swissinfo.ch/ger/alle-news-in-kuerze/moore--kleine-flaeche-mit-grosser-wirkung-auf-weltweite-co2-bilanz/47805584>

13 [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(23\)00167-7?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982223001677%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(23)00167-7?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982223001677%3Fshowall%3Dtrue)

14 So liegt der Fleischanteil an einem Ernteanteil meines Kattendorfer Hofes (in dem ich größter Investor und Mitgeschäftsführer bin) bei 700 g, wir bieten aber auch einen vegetarischen EA an (<https://kattendorfer-hof.de/solidarische-landwirtschaft/ernteanteil-mitglied-werden/>); das ist im Mittel unserer Mitglieder weniger als die Hälfte des durchschnittlichen Fleischverbrauchs pro Kopf in Deutschland (welcher ja auch Babys, Kleinkinder und alte Menschen sowie Vegetarier mit in die Kopffzahl einrechnet): <https://de.statista.com/themen/1315/fleisch/>

S. 107 „... weitere außergewöhnliche Quelle von Kohlenstoff ist der Permafrost ...“

Das ist richtig, aber hier haben Sie wiederum Moore vergessen, und zwar die, die entwässert wurden: die entsprechenden Böden emittieren nach wie vor, auch Jahrzehnte nach dem Beginn der Entwässerung, noch CO<sub>2</sub>, weil die Böden noch bedeutende Reste an Torf enthalten, der nach und nach abgebaut wird. Wenn die entwässerten Moore wiedervernässt würden, könnte die Emission gestoppt werden und die entsprechenden Moore wieder zu CO<sub>2</sub>-Senken werden.

S. 119 In Abschnitt 6.4 schreiben Sie  
„... dass wir als Menschheit tatsächlich zunehmend im Einklang mit unserem Planeten leben ...“

(das vor dem Halbsatz stehende „Wenn ...“ und das nachfolgende "ohne daß ..." lasse ich unkommentiert und nehme es im Sinne Ihres Buches, Ihrer Botschaft als optimistische Bemerkung hin, die ich überwiegend teile).

Ich frage, was denn "im Einklang mit unserem Planeten" bedeutet, woran machen wir das fest, welche (vorzugsweise quantitative) Kriterien wenden wir an, nach denen wir beurteilen wollen und können, daß wir "zunehmend im Einklang ..." leben? Was bedeutet "nachhaltig" in meßbarer Form?

- Dazu habe ich in meinem Manuskript, das ich Ihnen zugeschickt hatte<sup>15</sup>, ausgehend von einer ersten quantitativen Entropiebilanz von CCS-Verfahren, den Vorschlag entwickelt, die globale Entropieproduktion als Schlüsselkriterium zu verwenden.

Schon bei der Analyse von CCS (siehe weiter oben) kommt heraus, daß die "erneuerbare" Energie, die dafür benötigt wird, nicht ohne Entropie"kosten" verfügbar ist bzw sein wird.

S. 121 „... Energiespeicherung ... oder smarte, aber energieaufwendige Lösungen ... Wasserstoff und anschließend Methan oder flüssige Kohlenwasserstoffe als Brennstoff ...“

Energiespeicherung in Form von Strom: Ja; H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> oder KW-Brennstoffe: Nein, wegen viel zu hoher Entropieproduktion = Wirkungsgradverlust.

S. 121 „... im Wesentlichen keine Rohstoffe mehr abbauen, ... echte Kreislaufwirtschaft“

Ob dafür wirklich genug (regenerativ umgewandelte!) Energie zur Verfügung gestellt werden kann, um diese praktisch 100%ige Recyclingwirtschaft zu betreiben (mit "Null-Rohstoffabbau"), halte ich - wiederum aus Entropiegründen - für mehr als fraglich.

- Denn wenn praktisch alles, was wir derzeit in unserem Leben (und der dafür erforderlichen Industrie) an Materialien benutzen, recycelt werden soll, benötigen wir nahezu unendlich viel Energie;

- es ist einfacher gesagt als getan (wiederum von der Entropie her betrachtet), die nur in Spuren benötigten Seltenen Erden zu recyceln.

Warum "nahezu unendlich"? Bitte stellen Sie sich ein Haus oder ein Auto vor, oder auch unseren Infrastruktur: Nichts ist aus einem einzigen Material herstellbar, wir haben immer Verbundstoffe. Die müssen getrennt werden, wenn ein Haus, ein Auto, ein Teil der

---

15 [https://www.bernhard-wessling.com/co2\\_und\\_entropie](https://www.bernhard-wessling.com/co2_und_entropie)



Infrastruktur ersetzt (oder grundsaniiert) werden muß, weil der Zahn der Zeit dran genagt hat, das Produkt nicht mehr funktioniert. (schon Hauswände und Fundamente bestehen aus mehreren Stoffen, die man trennen und wieder in Rohstoffe verwandeln müßte, aber wie das?)

- Sie wollen Plastik komplett ersetzen, ich verstehe auch, warum: Aber was soll an dessen Stelle kommen?
- Metalle? (Korrosion! wie recyceln wir dann "Rost"? Korrosionsverluste - also der Ersatz korrodierter Produkte durch neue - sind derzeit für 4% (!) des Bruttosozialprodukts praktisch aller Länder der Erde verantwortlich!)
- nachwachsende Rohstoffe? (auf welchen Flächen sollen sie nachwachsen, wenn zugleich riesige Flächen für Solar- und Windenergie benötigt werden, wir aber auch Flächen für Ernährung benötigen, wieviel bleibt dann noch an Flächen für von Menschen unbeeinflusste Natur? Wildnis? Nationalparks? Zu Recht nennen Sie am Anfang des Buch auch den Verlust an Biodiversität als eines der großen Probleme)
  - (die Römer und die Isländer haben schon mal ihre Wirtschaft praktisch nur auf nachwachsenden Rohstoffen aufgebaut - Sie kennen die Ergebnisse selbst auch; ich besonders in Island, wo ich sehr häufig bin)

Stellen wir uns doch bitte folgendes vor:

- Wie sollen Abriebverluste recycelt werden? Beispiele: Reifen, Motoren, Bremsen, Windräder, Mährescher, aber auch "simple" Dinge wie Rasierklingen oder Zahnbürsten (letztere ohne Plastik?); wie sollen bei Null-Rohstoffabbau so scheinbar simple, aber viel benötigte Dinge, die alle ständiger Abnutzung unterliegen, hergestellt werden, wie z. B. Schuhe, Kleidung (Hosen, Strümpfe) – wie können Schuhe aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, wenn zugleich – weil man angeblich nur noch vegan leben soll – keine Tiere mehr gehalten werden? Wie werden Straßen, Brücken, Gebäude oder die Schienen des Bahnverkehrs (Abrieb! Abnutzung!) repariert ohne zusätzliche neue Rohstoffe? Straßenabrieb wird wie recycelt? Dies ist nur eine sehr unvollständige Liste von Produkten, die dem Verschleiß, der Abnutzung unterliegen – und das ist praktisch alles, was wir herstellen und verwenden.
- Wie wollen Sie hochkomplexe Apparate wie z. B. medizinische Geräte recyceln (ich meine, weil Sie davon sprechen: 100%ig und in automatisierten Fabriken)?

- S. 121 „Eine zyklische Produktionsweise erfordert enorme Energiemengen ... großer Energieaufwand erforderlich ... Ohne Energiezufuhr erhöht sich die Unordnung, die Entropie in einem System. Nur mit Hilfe von Energie kann der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden.“

Es sind nicht „enorme“ Energiemengen, die erforderlich wäre für eine (nahezu) 100%ige Kreislaufwirtschaft, sondern unvorstellbare Größenordnungen. Dieser unvorstellbar riesige Energiebedarf verursacht eine mindestens doppelt so hohe Entropieproduktion, die die Erde nicht abstrahlen kann, ich habe oben beschrieben, in wie unterschiedlich umweltschädlicher Form diese auf der Erde verbleibt.

- Entropie ist keineswegs eine nur theoretische Größe ohne praktische Bedeutung!

- S. 122 „Wenn wir überschüssige Energie aus dem erneuerbaren System haben, können wir sie zum Recycling verwenden. ... in automatisierten Recyclingfabriken ... flexibel dem Strommarkt folgen. Recyclingmaschinen könnten zu den Zeiten laufen, in denen zu viel Energie aus Wind und Strom erzeugt wird.“

(vorab: Energie kann nicht erzeugt werden, aber diesen Fehler rechne ich dem Lektorat und Korrektorat an, nicht Ihnen)

Ich vermute, daß Ihr „Wenn“ in dem Zitat konditional und nicht temporal gemeint ist. Meine Behauptung ist: Wir werden niemals einen nennenswerten Überschuß an regenerativ zur Verfügung gestellter Energie haben; lokal, regional für kurze Zeiten ja, diese sollten lokal / regional als Strom gespeichert werden, zur Vermeidung von Entropieproduktion nur als Strom, nicht in H<sub>2</sub> umgewandelt, siehe oben.

Zwar schreiben Sie, daß „Null-Ressourcen-Abbau“ vorerst eine Utopie sei, aber das heiße nicht, daß es nicht geht. Da Sie hier konkret werden („automatisierte Recyclingfabrik“) darf ich konkret kommentieren. Ich muß leider Wasser in den Wein des utopischen Optimismus gießen: Die Entropie macht es unmöglich. Hierzu und auch bzgl. der Infrastruktur für regenerative Energiewandlung, die enorm energie- und material-intensiv ist (==> Entropieproduktion, die nicht einfach verschwindet!), ist mein Kommentar zu

S. 161 sinnvoll zu lesen, wo ich noch konkreter werde, siehe weiter unten.

S. 130 [Kap. 7 mit Abschnitt 7.3](#) gefällt mir sehr gut (zur Info für Sie: ich bin Unternehmer)

Bei der Erwähnung der Systemrelevanz bestimmter Firmen wäre es sinnvoll gewesen, die Finanzkrise (die Sie auf S. 24 erwähnt hatten) noch einmal zu erwähnen und ihre Ursachen kurz zu schildern (was ich in meinem Buch über Zufall und Komplexität getan habe). Ich bin inzwischen der Meinung, daß die – u. a. aus Gründen von „too big to fail“ – ausufernden Staatsschulden ein weiterer Ausdruck von übermäßiger Entropie sind, Entropie, die nicht abgestrahlt werden kann.

S. 132 Insofern ist Ihre These, daß sich [aufspaltende Unternehmen eine reichhaltigere Unternehmenskultur ermöglichen](#), wiederum mit meinem thermodynamisch basierten Ansatz im Einklang, denn komplexere Struktur entspricht reduzierter Entropie (thermodynamisch: Entropieexport) = Reduktion oder sogar Reparatur von Schäden,

S. 135 nämlich aufgrund von Wertsteigerung (und damit auch höheren Steuern), wie Sie aus den USA nach deren Entscheidungen zu Unternehmensaufspaltungen berichten.

S. 140ff [Kapitel 8](#).

Ich bin damit 100%ig einverstanden. Ihre Argumentation ist gut verständlich und v.a. nicht provokativ. Das begrüße ich sehr.

S. 161 hier (und zusätzlich Fußnoten verdeutlicht) schreiben Sie:

„Wenn wir es schaffen, unsere Energieversorgung vollständig aus erneuerbaren Energien zu gewinnen, dann können wir wesentlich mehr Energie generieren<sup>65</sup> als heute, denn die Menge an Sonnenenergie<sup>66</sup> ist unendlich. Diese Energie steht uns in der praktischsten Form überhaupt, nämlich als Strom, zur Verfügung. Auch diesbezüglich sind Wind- und Solarenergie den thermischen Energiekraftwerken überlegen. ... Wind- und Sonnenergie ... umgehen ... das Problem des endlichen Wirkungsgrads.“

Das ist unzutreffend weil

a) die Menge an Sonnenergie natürlich nicht unendlich ist (weder auf der Sonne selbst, noch für uns auf der Erde); riesengroß: ja, aber nicht unendlich;  
- bitte bedenken Sie: es ist ein Mißverständnis zu meinen, daß all die Sonnenenergie, die die Pflanzen bzw wir derzeit nicht nutzen, "ungenutzt" ein- und deshalb wieder abgestrahlt wird; falsch: alles wird genutzt, nicht nur in Form von Biomasseerzeugung und -abbau, sondern v.a. in Form von Erwärmung und Wetter (die für die Ökosysteme essenziell sind);

b) auch die regenerative Energie nicht entropie"kostenfrei" verfügbar ist, also auch ihre Wirkungsgradverluste hat, und zwar ganz enorme: Für die Anlagen benötigen wir Rohstoffe, alles andere als unerhebliche Mengen; wir benötigen Flächen; die Solarzellen haben einen begrenzten Wirkungsgrad und eine begrenzte Lebensdauer; die Windräder halten ebenfalls nur 20 ... 30 Jahre, von mir aus später auch 100 Jahre, immer noch nicht unendlich lange; 100 Jahre sind grad mal 4 Generationen.

Der Wirkungsgradverlust bei Wind- und Sonnenenergie ist in der Entropieerzeugung beim Abbau der für die Anlagen erforderlichen Rohstoffe und bei der Fertigung der Anlagen in Form von Abfällen und Verlusten aller Art zu finden, und nicht zuletzt auch im Flächenverbrauch.

Aus welchen Materialien - wenn nicht aus Kunststoffen / Verbundwerkstoffen, die offenbar generell abgelehnt werden - sollen die Rotoren der Windräder hergestellt werden? aus Metallen, während es laut Faltungsgrenze in Richtung „Null-Ressourcen-Abbau“ gehen soll? Also aus nachwachsenden Rohstoffen, wie das? Wie sollen vollautomatisierte Recyclingfabriken elektronisch gesteuert werden, wenn Chips, Kondensatoren und Leiterplatten ohne Rohstoffabbau hergestellt bzw aus alten elektronischen Bauteilen recycelt werden, in denen von etlichen Stoffen nur Spuren enthalten sind – wie wollen Sie die wiedergewinnen und neu einsetzen? Hier gilt das gleiche, was ich oben zu S. 121 kommentiert habe.

- Das entscheidende daran ist: Wenn eine komplexe Schaltung erzeugt wird, reduziert man dabei die Entropie (der Leiterplatte mit ihren elektronischen Bauteilen darauf). Im Gegenzug wird die Entropie in der Produktions- und Lieferkette überproportional erhöht. Sobald die Leiterplatte mit ihren Bauteilen darauf nicht mehr funktioniert, ist die Entropie maximal angestiegen: Nun haben Sie nur noch furchtbar eng vermischte unterschiedlichste Arten von Stoffen vor sich, die extrem schwer zu trennen sind. Ein funktionsloses Stoffgemenge repräsentiert einen sehr hohen Entropiegehalt.

- Nun wollen Sie die Stoffe rückgewinnen und wieder nutzbar machen: Das erfordert eine massive Reduktion der Entropie (zu erkaufen durch überproportionalen Entropieanstieg außerhalb der Leiterplatte mit ihren elektronischen Komponenten darauf).

- Und das muß ermöglicht werden durch eine überproportionale Energiemenge, die auf regenerative Weise bereitgestellt werden soll – mit allen Wirkungsgradverlusten wie oben beschrieben ...

Ich bin sehr für erneuerbare Energie (aus Wind und Sonne, bei Wasserkraft bin ich aus ökologischen Gründen skeptisch). Ich bin 1991 Mitinvestor des ersten Windparks in den neuen Bundesländern gewesen, auf Rügen nahe dem Kap Arkona; ich habe eine eigene 9.9 kWp-Solaranlage auf dem Dach meines Hauses, und der Biohof (Biolandwirtschaft),

dessen größter Investor und Mitgeschäftsführer ich bin, investiert in Kürze in eine knapp 100 kWp-Anlage). [und vielleicht schauen Sie auf meine Webseite(n), sie können erkennen, daß ich auch im Artenschutz und das auch international aktiv bin]

- Ich betrachte die regenerative Energiewandlung und alle übrigen angedachten Maßnahmen zur Bewältigung des Klimawandels aber eben auch aus Entropiesicht.

**Ich meine - um in Ihren Worten zu schreiben - daß die entscheidende Faltungsgrenze die Entropie sein sollte.**

Mit freundlichen Grüßen und nochmals dem Vorschlag zu einer ernsthaften Diskussion.

Dr. Bernhard Weßling